

УДК 621.762

А. А. Фомин*

ООО «ЕЗ ОЦМ – Инжиниринг», г. Верхняя Пышма

**exile666@inbox.ru*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук Ю. Н. Логинов

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОРЯДНОЙ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ ПРИ ОТСУТСТВИИ СИММЕТРИИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА

Выполнено моделирование многорядной листовой штамповки при отсутствии симметрии пластического течения металла. Применен метод конечных элементов. Схема пластического течения имеет аналог в виде технологии штамповки днищ платиновых стеклоплавильных установок. Сделаны выводы о характере напряженного состояния, а также о взаимном влиянии рядом расположенных рядов.

Ключевые слова: листовая штамповка, пластическая деформация, платина, стеклоплавильные аппараты.

A. A. Fomin

THE SIMULATION OF MULTI-ROW SHEET STAMPING WITHOUT THE SYMMETRY OF PLASTIC METAL FLOW

The simulation of multi-row sheet stamping without the symmetry of plastic metal flow is performed. The finite element method is applied. The scheme of plastic flow has an analog in the form of technology for stamping the bottoms of platinum glass melting bushings. Conclusions are drawn about the nature of the stress state, and also about the mutual influence of a number of arranged rows.

Keywords: sheet stamping, plastic deformation, platinum, glass melting bushings.

Использование платины в промышленности обусловлено её уникальными свойствами: сопротивлению высокотемпературной коррозии и окислению в контакте с оксидными материалами при высоких температурах. Одно из важных направлений в промышленности благородных металлов является применение сплавов платины в производстве аппаратов для изготовления стеклянного и базальтового волокна. Стеклоплавильный аппарат представляет собой емкость для размещения расплава стекла или базальта, выполненную из тугоплавкого листового материала – платинородиевого сплава.

Цельноштампованные фильерные днища таких аппаратов обладают рядом преимуществ, в том числе создается возможность более плотной

упаковки фильер на фильерном поле. Вместе с тем, плотная упаковка фильер создает ряд технологических проблем, одна из которых – поддержание симметричного исполнения каждой фильеры с обеспечением необходимой размерной точности. Необходимая форма отверстия обеспечивается при этом направленным пластическим течением металла. Частично технология формования днищ стеклоплавильных сосудов описана в статье [1].

Схема формоизменения указанного вида имеет аналоги в виде краевых задач вдавливания слоя пластичного материала в отверстие или деформации заготовки в щелевом штампе [2]. Применительно к деформации платины и ее сплавов методом листовой штамповки решались задачи глубокой вытяжки при формовании жаропрочных тиглей [3, 4], а также определялись граничные условия деформации в других процессах обработки давлением [5]. Определены свойства платины в холодном состоянии при переборе температур отжига и степеней деформации [6].

Для материала инструмента, изготовленного из стали заданы известные параметры плотности и упругих свойств в виде модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Для материала заготовки плотность равна 21450 кг/м^3 , модуль Юнга = 170000 МПа , коэффициент Пуассона = $0,37$. Пластические свойства платины заданы степенной зависимостью Людвига. Для идентификации свойств деформируемого материала использованы данные работы [7]. Свойства металлов приняты изотропными.

В предыдущих постановках задачи не учтен факт отсутствия симметрии при нагружении материала. По существу, обычная краевая задача затекания металла в щелевой штамп превращается в задачу с подпором. Известно, что наличие бокового подпора в способах кузнечной осадки увеличивает уровень средних (гидростатических) напряжений [8], что, в свою очередь, в общем случае повышает пластичность металла, а в данном конкретном случае, кроме того, позволяет добиться более полного заполнения ручьев штампа. Вместе с тем, возникает картина несимметричного действия напряжений подпора – они действуют только с одной стороны, поэтому заполнение штампа должно оказаться также несимметричным. Для проверки такого положения осуществлена постановка задачи в программном комплексе DEFORM. В штампе предусмотрено два отверстия для заполнения металлом, что позволяет оценить взаимное влияние рядом расположенных ручьев. Применено граничное условие – равенство нулю горизонтального перемещения металла в левом направлении.

Как видно из решения задачи (рис. 1), для такого случая деформации характерна несимметричная картина заполнения ручья: наличие пологой выпуклости слева и более крутой выпуклости справа. Такая несимметричность создает дополнительные трудности в последующих

операциях обработки изделия, поэтому нежелательна. Кроме того, выявлена неоднородность распределения эквивалентных напряжений как по каждому из заполняемых объемов, так и между двумя ручьями. Меньшие эквивалентные напряжения наблюдаются в левом по рисунку ручье штампа и большие - в правом. Это приводит, в частности к тому, что правый ручей больше заполнен металлом.

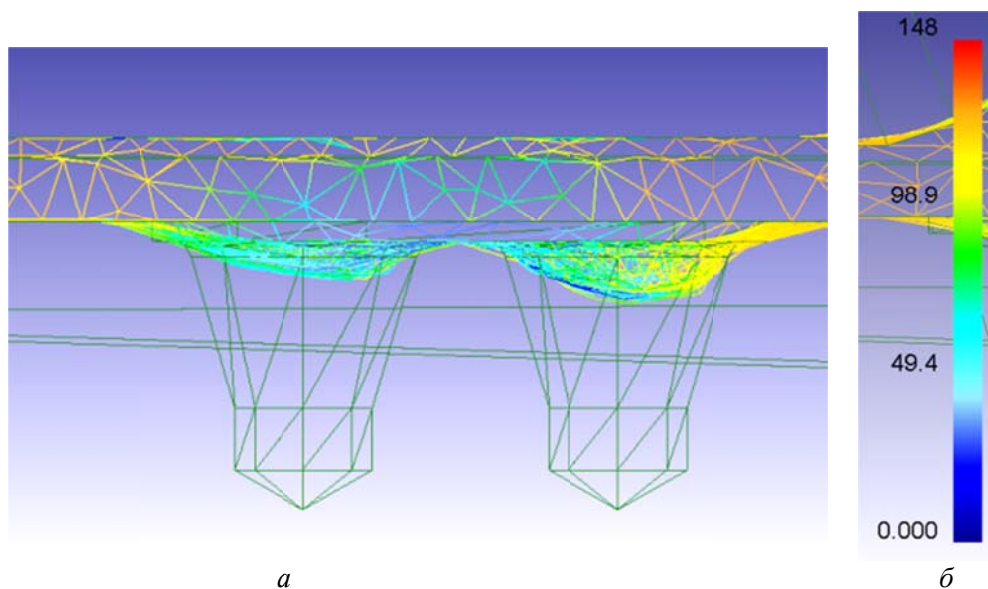


Рис. 1. Профили заполнения двух рядом расположенных ручьев штампа и значения (цветные уровни) эквивалентных напряжений (а) с цветовым ключом (б)

Выполнено сравнение полученного решения с практически достигаемым результатом. На рис. 2 показан профиль платиновой пластины после данной операции штамповки. Видно, что форма выступов на пластине различна, виден также несимметричный вид выступов. Таким образом, установлено качественное соответствие между результатами расчета и реальной картиной пластической деформации металла.

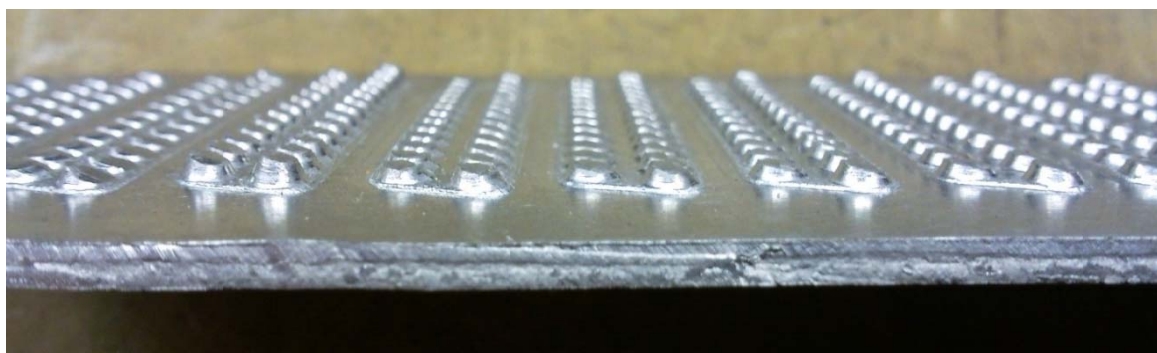


Рис. 2. Профиль реальной платиновой пластины

Вывод. В ходе решения задачи формирования днища платинового стеклоплавильного аппарата выявлены неоднородности заполнения ручьев штампа и описаны причины их возникновения. К этим причинам отнесены несимметричность граничных условий перемещения металла и влияние рядом расположенных рядов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Ю. Н. Кинематические условия выдавливания пластического слоя в многорядном щелевом штампе / Ю. Н. Логинов, А. А. Фомин // Кузнечно-штамповочное производство. 2013. № 4. С. 14–17.
2. Логинов Ю. Н. Силовые условия осадки заготовки в щелевом штампе / Ю. Н. Логинов // Известия вузов. Черная металлургия. 1991. № 10. С. 25–28.
3. Исследование деформационных характеристик и структуры сплава ПЛН-4,5 при изготовлении полых заготовок методом глубокой вытяжки / Б. И. Каменецкий [и др.] // Цветные металлы. 2007. № 8. С. 51–53.
4. Логинов Ю. Н. Моделирование деформированного состояния круглой пластины при вытяжке. Известия высших учебных заведений / Ю. Н. Логинов, Б. И. Каменецкий, Г. И. Студенок // Черная металлургия. 2006. № 3. С. 26–28.
5. Логинов Ю. Н. Изучение трения при листовой прокатке платины и ее сплавов / Ю. Н. Логинов, Г. И. Студенок // Производство проката. 2010. № 7. С. 14–16.
6. Annealing Characteristics and strain resistance of 99.93 wt.% Platinum / Yu. N. Loginov [et al.] // Platinum metals Rev. 2007. V. 51 (4). P. 178–184.
7. Условия разупрочнения и сопротивление деформации платины / Ю. Н. Логинов [и др.] // Цветные металлы. 2006. № 6. С. 85–88.
8. Дегтярев И. С. Осадка пористой полосы в условиях предельного трения / И. С. Дегтярев, В. Л. Колмогоров, Ю. Н. Логинов // Известия вузов. Машиностроение. 1975. № 6. С. 126–130.